

Fingerprint fingertip orientation detection method and device

Patent Number: ■ EP0736836, A3
Publication date: 1996-10-09
Inventor(s): HARA MASANORI (JP); SATO KAN (JP)
Applicant(s): NIPPON ELECTRIC CO (JP)
Requested Patent: ■ JP8279039
Application Number: EP19960105498 19960404
Priority Number(s): JP19950079033 19950404
IPC Classification: G06K9/00
EC Classification: G06K9/00A2
Equivalents: JP2776757B2, ■ US5848176
Cited patent(s):

Abstract

The present invention has the object of accurately detecting fingerprint fingertip orientation by a process of calculating inner products of ridge directions in the peripheral areas of an inputted fingerprint and radial line directions, finding an inner product sequence in which the inner products are sequenced upon making one revolution from a certain initial point, finding sequence errors between the inner product sequence and a plurality of inner product sequence patterns of differing fingertip orientations for a standard fingerprint, and establishing the fingertip orientation of the inputted fingerprint as the fingertip orientation of the standard fingerprint having the

minimum sequence error. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2776757号

(45)発行日 平成10年(1998) 7月16日

(24)登録日 平成10年(1998) 5月1日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 6 0

請求項の数3(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-79033

(22)出願日 平成7年(1995) 4月4日

(65)公開番号 特開平8-279039

(43)公開日 平成8年(1996)10月22日

審査請求日 平成7年(1995) 4月4日

(73)特許権者 000232092

日本電気ソフトウェア株式会社

東京都江東区新木場一丁目18番6号

(72)発明者 原 雅範

東京都港区芝浦二丁目11番5号 日本電

気セキュリティシステム株式会社内

(72)発明者 佐藤 完

東京都港区海岸三丁目9番15号 株式会

社エヌイーシー情報システムズ内

(74)代理人 弁理士 京本 直樹

審査官 千葉 輝久

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶ , D B名)

G06T 7/00

(54)【発明の名称】 指紋指頭軸方向検出装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 2次元アレイ状画素に量子化された指紋画像の指頭軸方向を決定される際に用いられ、前記指紋画像各画素における指紋の隆線方向を2次元記憶する隆線方向記憶部と、

前記指紋画像の中心座標を記憶する指紋中心座標記憶部と、

指紋周辺部の円周状の各領域において、隆線方向と指紋中心からの放射線方向との内積を、ある始点から一周させたときにできる内積数列を一時記憶する内積数列一時記憶部と、

複数の指紋について前記所定の手順で定義された前記内積数列に対応する前記指頭軸方向が予め記憶されている内積数列パターン辞書と、

入力指紋の前記内積数列と前記各内積数列パターンの誤差

2

とその内積数列パターンに対応する指頭軸方向とを一時的に記憶する数列誤差一時記憶部と、

前記指紋中心座標記憶部から前記中心座標を引き出すと共に前記中心座標から一定距離離れた放射線上の座標値に対応して前記隆線方向記憶部から前記隆線方向を引き出し、前記隆線方向と前記放射線方向との内積を計算し、ある支点から一周させて数列化して前記内積数列一時記憶部に登録する内積数列算出部と、

前記内積数列一時記憶部に登録されている前記内積数列を前記内積数列パターン辞書に登録されている前記各内積数列パターンと比較し、その数列誤差と対応する指頭軸方向を前記数列誤差一時記憶部に登録する内積数列誤差算出部と、

前記数列誤差一時記憶部に登録されている数列誤差の中の最小値とこの最小値に対応する指頭軸方向を出力す

10

3

る軸方向検出部と、

前記内積数列算出部と、前記内積数列誤差算出部と、前記軸方向検出部とを制御する制御部と、を備えることを特徴とする指紋指頭軸方向検出装置。

【請求項2】 前記内積数列誤差算出部は、前記内積一時記憶部に登録されている内積数列を前記内積数列パターン辞書に登録されている各内積数列パターンと比較しその相互相関と対応する指頭軸方向を前記数列誤差一時記憶部に登録し、前記軸方向検出部は、前記数列誤差一時記憶部に登録されている相互相関の中での最大値と該最大値に対応する指頭軸方向を出力することを特徴とする請求項1に記載の指紋指頭軸方向検出装置。

【請求項3】 前記内積数列パターン辞書には、内積数列の代わりに指紋周辺部における隆線方向を円周状に並べた隆線方向の数列が登録されているものとし、前記内積数列算出部は、前記指紋中心座標記憶部から中心座標を引き出すと共に、前記中心から一定距離離れた放射線上の座標値に対応して前記隆線方向記憶部から隆線方向を引き出し、ある始点から一周させて数列化して前記内積数列一時記憶部に登録し、前記内積数列誤差算出部は、前記内積数列一時記憶部に登録されている内積数列（実際は隆線方向数列）と前記内積数列パターン辞書に登録されている各内積数列パターン（実際は隆線方向数列パターン）とを方向の相違を評価することで比較することを特徴とする請求項1に記載の指頭軸検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は指紋指頭軸方向検出装置に関し、特に、指紋を利用した照合システムにおいて、指紋画像上の各点を座標で表す場合に必要となる基準座標軸の軸方向を検出決定する指紋指頭軸方向検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、曲線上の縞模様のうち、多数の隆線によって構成される指紋は終生不変及び万人不同という特徴を持っているため、古くから人物確認の手段として利用されている。近年、指紋照合処理をコンピュータを利用したパターン認識技術を用いて自動的に照合を行うシステムが実現されている。このようなシステムでは、指紋上に点在する特徴点、例えば、隆線が切れた端点及び隆線が分岐合流する分岐点を抽出し、これら特徴点を照合することによって指紋照合を自動化している。従来の指紋自動照合の一例は、特公昭63-13226号公報や米国特許公報4,310,827号に開示されている。

【0003】 このような指紋照合システムでは、照合を行う際には、特徴点を表現する基準座標軸を求める必要がある。この座標軸として、該当指紋に依存しない座標軸（例えば画像中心を中心とし、スキャン面の水平方向をX軸、垂直方向をY軸とする座標軸）を用いると、同

4

一指から生成されたサーチ指紋とファイル指紋との照合時においても、特徴点の位置誤差や特徴点方向の誤差が大きくなるので照合はより難しくなる。照合精度の向上や照合時間の短縮には、信頼性の高い基準座標軸の決定が重要である。

【0004】 指紋照合における基準座標軸の軸方向の決定方式としては、指紋中心部の隆線方向を用いた方式が有名である。これは、中心付近の隆線方向を用いるもので中心部隆線方向軸方式と呼ぶ。尚、隆線方向を抽出する方式の一例は、特公昭59-27856号公報に開示されている。

【0005】 別の基準座標軸の軸方向決定方式としては、スキャン面の垂直方向を用いるという単純な方式も考えられる。通常、指紋は指頭方向がスキャン面の垂直方向に押捺されることを利用したもので垂直方向軸方式と呼ぶ。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 従来の技術での中心部隆線方向軸方式では、中心付近の隆線が明瞭でないと隆線方向を抽出できないという問題があった。また、中心部がない片鱗遺留指紋等では、中心部隆線方向軸を推定できないという問題もあった。また、中心の隆線形状が不安定な指紋では、中心部隆線方向軸の確定が困難という問題があった。その一例は、図6(a)の指紋であるが、中心部隆線方向軸として方向61と方向62との中間はどの方向でも間違いではなく確定が難しい。また、中心の位置を間違えると方向も大きく変わり易いという問題があった。その例は、図6(b)の指紋であるが、中心の位置に依っては方向64と方向65のどちらも中心部隆線方向軸となり得る。

【0007】 また、垂直方向軸方式では、指頭方向が垂直に押捺されてない場合には照合に失敗するという問題があった。傾いて押捺された指紋に対してオペレータに正しい指頭軸方向を手入力させる方法もあるが、これはオペレータ入力作業コストが問題であった。

【0008】 本発明の目的は、指紋の指頭軸方向を正確に検出する指紋指頭軸方向検出装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明の指紋指頭軸方向検出装置は、2次元アレイ状画素に量子化された指紋画像の指頭軸方向を決定される際に用いられ、前記指紋画像各画素における指紋隆線方向を2次元記憶する隆線方向記憶部と、前記指紋画像の中心座標を記憶する指紋中心座標記憶部と、指紋周辺部の円周状の各領域において、隆線方向と指紋中心からの放射線方向との内積を、ある始点から一周させたときにできる内積数列を一時記憶する内積数列一時記憶部と、複数の指紋について前記所定の手順で定義された前記内積数列に対応する前記指頭軸方向が予め記憶されている内積数列パターン辞書と、

入力指紋の前記内積数列と前記各内積数列パタンの誤差とその内積数列パターンに対応する指頭軸方向とを一時的に記憶する数列誤差一時記憶部と、前記指紋中心座標記憶部から中心座標を引き出すと共に、前記中心から一定距離離れた放射線上の座標値に対応して前記隆線方向記憶部から流線方向を引き出し、前記隆線方向と前記放射線方向との内積を計算し、ある支点から一周させて数列化して前記内積数列一時記憶部に登録する内積数列算出部と、前記内積数列一時記憶部に登録されている前記内積数列を前記内積数列パターン辞書に登録されている前記各内積数列パターンと比較しその数列誤差と対応する指頭軸方向を前記数列誤差一時記憶部に登録する内積数列誤差算出部と、前記数列誤差一時記憶部に登録されている数列誤差の中での最小値とこの最小値に対応する指頭軸方向を出力する軸方向検出部と、前記内積数列算出部と、内積数列誤差算出部と、軸方向検出部とを制御する制御部と、を備える。

【0010】

【実施例】次に、本発明について図面を参照して説明する。図1は本発明の原理を説明するための図であり、図2は本発明の一実施例の構成を示すブロック図であり、図3、図4及び図5はこの実施例を説明するための図である。

【0011】まず、図1(a)及び(d)を参照して本発明の原理を説明する。図1(a)の指紋画像は指頭軸方向が真上になるように押捺されている。指紋中心から水平右方向への放射線を描く。同様に、反時計廻りに $\pi/4$ 単位に放射線を描く。中心からある程度離れた地点で放射線の方向と隆線の方向の角度差に注目すると、中心から上下の方向($\pi/2$ と $3\pi/2$)では角度差が大きく、中心から斜め左下と斜め右下の方向($5\pi/4$ と $7\pi/4$)では角度差が小さい。この例では、2つの方向の角度差を、2つの方向を持つ単位ベクトルの内積の絶対値で表現することで処理の単純化を図る。本明細書での内積は、2つの方向を持つ単位ベクトルの内積の絶対値と定義する。図1(d)は、水平右方向から反時計廻りに観たときの角度の横軸として、各角度に対する放射線方向と隆線方向の内積を縦軸としてグラフ化したものである。このグラフの形状は、ほとんどの指紋で似通っている。つまり、指紋周辺部の隆線方向と中心からの放射線方向の角度差(及び内積)は、指頭軸方向と相関を持っている。指頭軸方向が既知の指紋を用いて、内積分布パタンの辞書を作っておけば、未知の指紋でも、その内積を算出し、辞書パターンと比較することで、指頭軸方向を検出できる。

【0012】図2を参照すると、本発明の一実施例の指紋指頭軸方向検出装置は、2次元アレイ状画素に量子化された指紋画像の指頭軸方向を決定される際に用いられ、指紋画像各画素における指紋の隆線方向を2次元記憶する隆線方向記憶部12と、指紋画像の中心座標を記

憶する指紋中心座標記憶部13と、指紋周辺部の円周状の各領域において、隆線方向と指紋中心からの放射線方向との内積を、ある始点から一周させたときにできる内積数列を一時記憶する内積数列一時記憶部14と、複数の指紋について所定の手順で定義された内積数列に対応する指頭軸方向が予め記憶されている内積数列パターン辞書15と、入力指紋の内積数列と各内積数列パタンの誤差とその内積数列パターンに対応する指頭軸方向とを一時的に記憶する数列誤差一時記憶部16と、指紋中心座標記憶部13から中心座標を引き出すと共に、中心から一定距離離れた放射線上の座標値に対応して隆線方向記憶部から隆線方向を引き出し、隆線方向と放射線方向との内積を計算し、ある支点から一周させて数列化して内積数列一時記憶部14に登録する内積数列算出部17と、内積数列一時記憶部14に登録されている内積数列を内積数列パターン辞書15に登録されている各内積数列パターンと比較し、その数列誤差と対応する指頭軸方向を数列誤差一時記憶部16に登録する内積数列誤差算出部18と、数列誤差一時記憶部16に登録されている数列誤差の中での最小値とこの最小値に対応する指頭軸方向を出力する軸方向検出部19と、内積数列算出部17と、内積数列誤差算出部18と、軸方向検出部19とを制御する制御部11と、から構成される。

【0013】次に、図1から図5を参照して、この実施例の動作について説明する。指紋隆線方向は、例えば特公昭59-27945号公報に示される従来技術で自動抽出される。すなわち、縞模様画像のある画素における縞の方向は、縞と同一方向において濃淡の変動が小さく、縞と直交する方向において変動が大きいことを利用して、予め定められた複数の量子化方向上の濃淡の変動量の極値を求め、この極値から縞の方向を決定する。指紋画像を1ミリメートル20画素の解像度でスキャンし、25.6ミリメートル平方の領域を512画素平方で2次元にデジタル化した例が図3である。この画像に対して、特公昭59-27945号公報に開示されている方法で方向抽出した結果を図4(a)に示す。図4(a)では、8画素平方の領域に対して、図4(b)に示すような16種類の方向で隆線方向を表示している。

【0014】また指紋中心も、例えば特願昭63-99334号公報および特願昭63-99335号公報に示される従来技術で自動抽出される。すなわち、特願昭63-99334号公報においては、中心の決定方式で、各領域における指紋隆線の方向および曲率のパターンと指紋中心位置との相関を予め求めることで、隆線方向曲率パターンと近傍の中心位置存在確率を辞書化しておき、未知の指紋が入力されたら、各領域の隆線方向曲率パターンで中心位置存在確率辞書を検索し、その領域近傍の中心存在確率を更新する。全領域に対する存在確率の更新処理終了後、存在確率が最も大きいところを中心として検出する。さらに、特願昭63-99335号公

報においては、中心の垂直方向の位置（Y座標）決定方式で、先ず、典型的に指紋を用いて、指紋隆線の水平方向を走査し隆線の曲がり具合を調べ、最大の上向き曲率を求める。次に、水平走査での最大曲率を、上から下へ垂直方向に求め、最大曲率の変化を曲率曲線パターンとし、その指紋の中心位置Y座標と共に辞書化しておく。未知の指紋が入力されたら同様に曲率曲線の求め、辞書中の曲率曲線パターンを比較し、最も誤差が小さい曲率曲線パターンに対応する中心Y座標を入力指紋の中心Y座標として検出する。図3の指紋画像に対して、特願昭63-99334号公報および特願昭63-99335号公報に開示されている方法で抽出した例が図4（a）の指紋中心41である。

【0015】隆線方向記憶部12には、入力された指紋の画像各画素または小領域単位における隆線方向が予め登録されており、指紋中心座標記憶部13には入力された指紋の中心座標が予め登録されている。一方、内積数列パターン辞書15には、図1（a）、（b）及び（c）に例示される典型的な指紋についての内積数列と対応する指頭軸方向が予め登録されている。

【0016】なお、典型的な内積数列パタンの採取の際

$$\begin{aligned}x(n) &= x_0 + r \cdot \cos(n \cdot \pi / 32) \\y(n) &= y_0 + r \cdot \sin(n \cdot \pi / 32)\end{aligned} \quad (1)$$

$n = 0, 1, 2, \dots, 63$

変数 n は、0から63の範囲で、 $n = 0$ のときは図5

（a）での右水平方向の半直線に対応し、 $n = 1$ のときは図5（a）で $\pi / 32$ の方向の半直線に対応する。 $n = 2$ 以降も同様である。

$$f(n) = |\cos(d(x(n), y(n)) - n \cdot \pi / 32)| \quad (2)$$

r の値としては、隆線方向が安定している指紋周辺部の隆線方向を対象とするため、100画素（5ミリメートル）から200画素（10ミリメートル）程度を採用することが望ましい。また、この距離の間で、適当な数（例えば5点）をサンプリングし、それぞれの内積 $f(n)$ を計算して平均化することで、より正確になる。

【0020】図5（a）に対する内積 $f(n)$ は、図5（b）に示すような離散グラフとなる。内積数列算出部17は、このようにして算出した内積 $f(n)$ を $\{n =$

$$e(m) = \sum_{n=0}^{63} (f(n) - t(i))^2 \quad (3)$$

$$i = \text{mod}(n - m, 64)$$

$$m = 0, 1, 2, \dots, 63$$

【0023】ここで、変数 m は、画像を反時計廻りに $(m \cdot \pi / 32)$ 回転した画像に対応する内積数列パターンを表現するために用いられる。このときの内積数列パタンの対応する指頭軸方向は、元の指頭軸方向に $(m \cdot \pi / 32)$ を加えた値となる。

【0024】内積数列誤差算出部18は、各 m につい

には、種々の紋様について例えば、図1（a）に示す典型的な指紋を選択し、その指紋の内積数列を算出して、図1（d）に示すようにグラフ化する。これは、離散値を用いた数列でもよいし、離散数値列を曲線近似した曲線関数を用いても良い。離散数値列を用いるときの単位角度は、基準座標軸の軸方向として要求される単位角度に合わせる必要がある。この実施例では、単位角 $\pi / 32$ （一周角 2π を64分割した角度）を用いた。図1（a）に例示される指紋は、指頭軸方向が真上になるように押捺されているので、図1（d）の内積パターンに対応する指頭軸方向は、 $\pi / 2$ となる。

【0017】図1（a）の指紋は典型的な蹄状紋の例であるが、他の典型的な紋様、例えば、図1（b）の渦状紋や図1（c）の弓状紋に対しても、同様な方法で図1（e）や図1（f）に示すような内積グラフ化し、内積パターンを採取すれば、より精度は向上する。

【0018】内積数列算出部17は、指紋中心座標記憶部13から入力された中心座標 (x_0, y_0) から、X軸から反時計廻りに $(n \cdot \pi / 32)$ の方向の放射線上で一定距離 r だけ離れた位置の座標を以下の（1）式に基づいて計算する。

【0019】次に、内積数列算出部17は、座標 $(x(n), y(n))$ に対応する隆線方向を、隆線方向記憶部12より取り出す。この隆線方向を $d(x(n), y(n))$ とすると、 $(n \cdot \pi / 32)$ 方向の放射線上での内積は、（2）式で計算できる。

$0, 1, \dots, 63$ の数列として内積数列一時記憶部14に登録する。

【0021】内積数列誤差算出部18は、内積数列 $f(n)$ ； $\{n = 0, 1, \dots, 63\}$ を、内積数列パターン辞書15に登録されている内積数列パタンの1つ $t(i)$ ； $\{i = 0, 1, \dots, 63\}$ と比較し、数列誤差を計算する。誤差 e の計算は、例えば最小自乗法を用いると、（3）式のように計算される。

【0022】

て、数列誤差 $e(m)$ と対応する指頭軸方向を数列誤差一時記憶部16に登録する。この処理は、内積数列パターン辞書15に登録されている全ての内積数列パターンと繰り返される。

【0025】軸方向検出部19は、数列誤差一時記憶部16に登録されている数列誤差の中で最小のものを採

し、この数列誤差に対応する指頭軸方向を、検出された指頭軸方向として出力する。

【0026】なお、本発明は上記実施例に限定されたものではなく、例えば、次のような実施例も考えられる。

【0027】(a) 上述の実施例では、最小自乗法を用いて数列誤差を求めたが、入力データの内積数列と内積数列パタンとの相互相関を求め、その最大値を与える数列パタンに対応する指頭軸方向を検出する実施例も考え

$$t(n) = f(n) - \sum_{j=0}^{63} f(j) / 64 \quad (4)$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, 63$$

【0030】次に、入力指紋の内積 $f(n)$ に対し、辞書パタンとの相互相関を、以下の(5)式で計算する。

$$c(m) = \sum_{n=0}^{63} f(n) \cdot t(i) \quad (5)$$

$$i = \text{mod}(n-m, 64)$$

$$m = 0, 1, 2, \dots, 63$$

【0032】内積数列誤差算出部18は、各 m について、相互相関 $c(m)$ と対応する指頭軸方向を数列誤差一時記憶部16に登録する。軸方向検出部19は、数列誤差一時記憶部16に登録されている相互相関の中で最大のものを採し、この相互相関に対応する指頭軸方向を、検出された指頭軸方向として出力する。

【0033】(b) 上述の実施例では、指紋周辺部における隆線方向と指紋中心からの放射線方向との内積を特徴として使用することで、数列誤差計算を簡素化した。が、指紋周辺部における隆線方向そのものを特徴として用いる実施例も考えられる。この場合は、上述の実施例における内積を隆線方向と読み変えれば良い。

【0034】内積数列パタン辞書15に登録されるものは、指紋周辺部における隆線方向を円周状に並べた数列となる。

【0035】内積数列算出部17は、上述の実施例と同様に、中心座標 (x_0, y_0) から、X軸から反時計廻りに $(n \cdot \pi / 32)$ の方向の放射線上で一定距離 r だけ離れた位置の座標 $(x(n), y(n))$ を算出する。

られる。

【0028】この場合は、内積数列パタン辞書15に登録される内積 $f(n)$ に対し、以下の(5)式に示すように数列全部の平均値を差引いて正規化した $t(n)$; $\{n = 0, 1, \dots, 63\}$ を内積数列パタンとして辞書登録する。

【0029】

【0031】

【0036】内積数列誤差算出部18は、内積数列 $f(n)$; $\{n = 0, 1, \dots, 63\}$ を、内積数列パタン辞書15に登録されている内積数列パタンの1つ $t(i)$; $\{i = 0, 1, \dots, 63\}$ と比較し、数列誤差を計算する。ここでの内積数列とは隆線方向の数列であるが、2つの方向D1及びD2の方向誤差の評価する関数として(6)式が考えられる。

【0037】

$$1 - |\cos(D1 - D2)| \quad (6)$$

従って、隆線方向の数列の誤差 e は、例えば最小自乗法を用いると、(7)式のように計算される。

【0037】

$$e(m) = \sum_{n=0}^{63} (1 - |\cos(f(n) - t(i))|)^2 \quad (7)$$

$$i = \text{mod}(n-m, 64)$$

$$m = 0, 1, 2, \dots, 63$$

【0038】(c) 上述の実施例では、典型的な指紋を用いて複数の内積パタン辞書を作成したが、同一紋様の多数の指紋に対する内積数列を求め、その平均をとることで紋様毎のパタン辞書を作成することも可能である。また、紋様毎ではなく異なる紋様の指紋も含めて平均化し、1つのパタン辞書を作成する方法も考えられる。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、周辺部の隆線方向と放射線方向との内積を計算し、ある始点から一周させて数列化し、入力指紋の内積数列と各内積数列パタンとを比較しその誤差を算出し、各内積数列パタンとの数列誤差の中での最小値を検出し、その最

11

小値に対応する指頭軸方向を出力することにより、中心付近の隆線が明瞭でない指紋でも、中心の隆線形状が不安定な指紋でも安定した軸方向検出が可能になり、その結果、オペレータの軸方向確認修正工数を不要とし、照合精度も向上させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明する図である。

【図2】本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図3】デジタル化された指紋画像の例である。

【図4】隆線方向を示す図である。

【図5】内積数列を説明する図である。

【図6】中心部隆線方向軸と指頭方向軸を説明する図である。

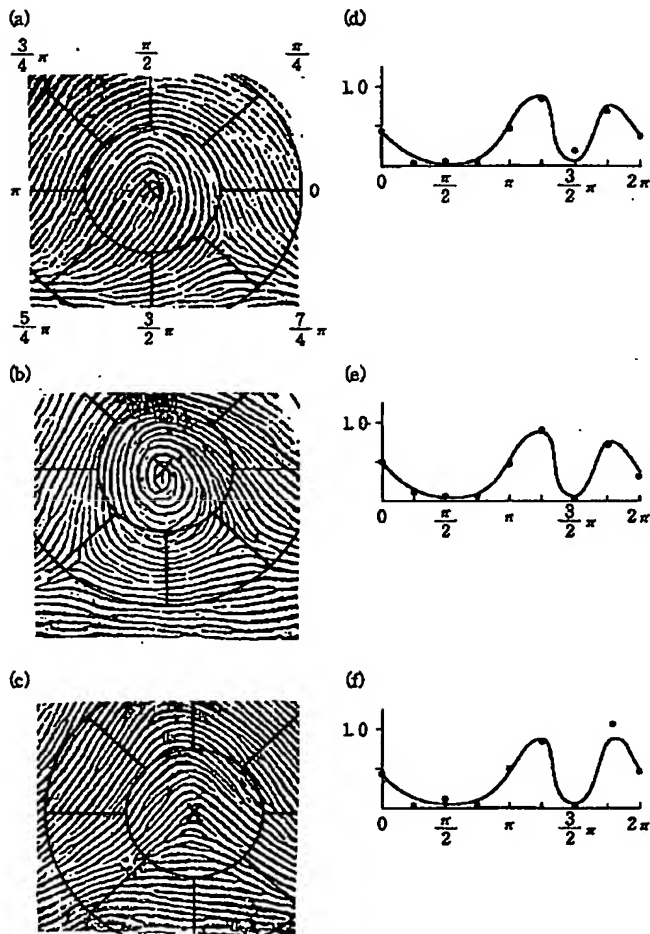
【符号の説明】

11 制御部

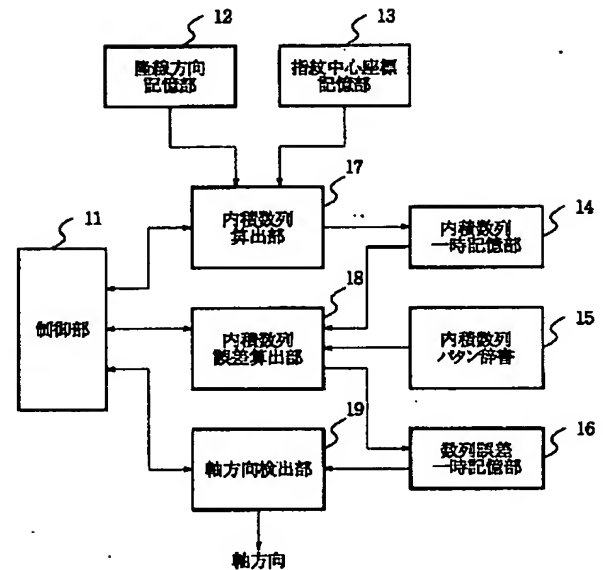
12

- 12 隆線方向記憶部
- 13 指紋中心座標記憶部
- 14 内積数列一時記憶部
- 15 内積数列パターン辞書
- 16 数列誤差一時記憶部
- 17 内積数列算出部
- 18 内積数列誤差算出部
- 19 軸方向検出部
- 41 指紋中心
- 61 中心部隆線方向軸の例
- 62 中心部隆線方向軸の例
- 63 指頭方向軸
- 64 中心部隆線方向軸の例
- 65 中心部隆線方向軸の例
- 66 指頭方向軸

【図1】



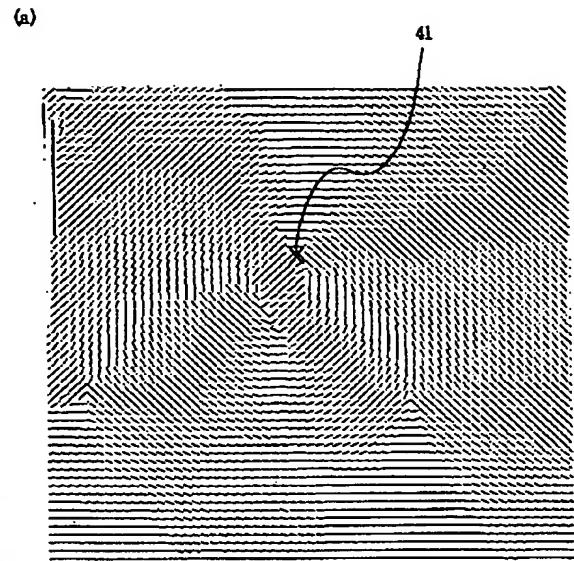
【図2】



【図3】

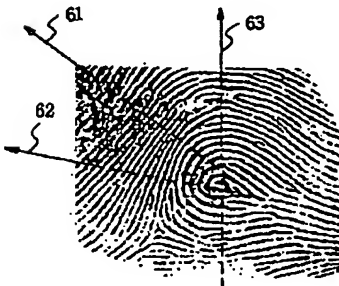


【図4】

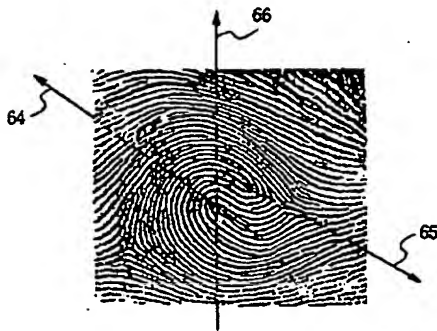


【図6】

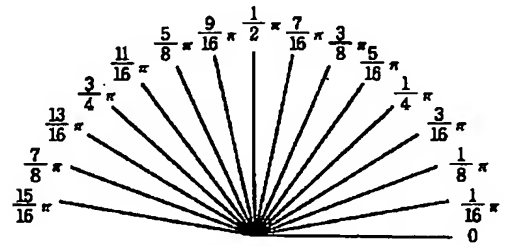
(a)



(b)

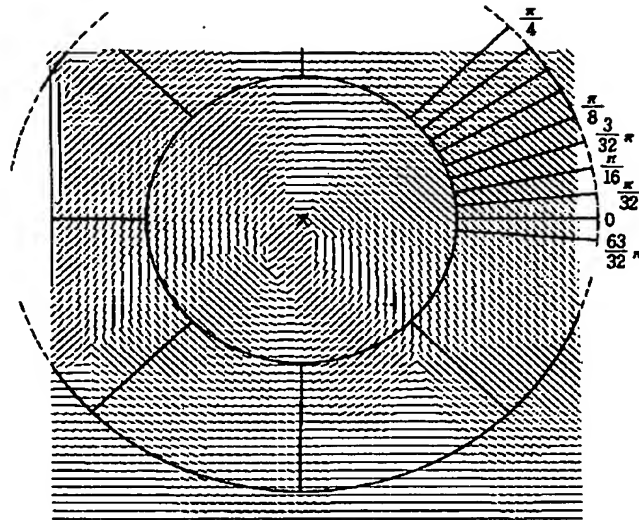


(b)



【図5】

(a)



(b)

